
Rendiconto dell'Installazione della Rete di Monitoraggio della Sismicità nel Giacimento Selva Malvezzi (BO)



A cura di

Firma

Data

Ph.D. Simone Barani



23 Maggio – 16 Giugno 2022

Contributi di:

Dott. Mauro Pavan (DISTAV, Università degli Studi di Genova)
Dott. Davide Scafidi (DISTAV, Università degli Studi di Genova)
Prof. Gabriele Ferretti (DISTAV, Università degli Studi di Genova)
Dott. Luca Raffaelli
Dott. Francesco Nicatore

Approvato da

Firma

Data

Pd.D. Simone Barani



17 Giugno 2022

Indice

1. <i>Introduzione</i>	1
2. <i>Nota sugli apparati strumentali</i>	2
3. <i>Nota sui manufatti ospitanti le stazioni sismiche</i>	3
3.1 <i>Stazione sismica a rete elettrica con pozzetto d'ispezione e cabina di acquisizione separati</i>	3
3.1.1 <i>Pozzetto d'ispezione per sensore sismico</i>	4
3.1.2 <i>Cabina di acquisizione</i>	4
3.2 <i>Stazione sismica stand-alone</i>	4
4. <i>Ubicazione dei pozzetti d'ispezione e degli alloggiamenti per gli apparati di acquisizione, trasmissione dati ed alimentazione</i>	7
4.1 <i>Stazione sismica SMV01: Via Conserva – Selva Malvezzi</i>	7
4.2 <i>Stazione sismica SMV02: Cimitero di Bagnarola</i>	9
4.3 <i>Stazione sismica SMV03: Cimitero di Dugliolo</i>	10
4.4 <i>Stazione sismica SMV04: Cimitero di San Martino in Argine</i>	10
4.5 <i>Stazione sismica SMV05: Via Severino Ferrari – San Pietro Capofiume</i>	10
5. <i>Conclusioni</i>	13
<i>Bibliografia</i>	15

Indice delle figure

Figura 1 Configurazione della rete di monitoraggio sismico: i nodi della rete sono indicati dai pentagoni in rosso eccetto FIU della Rete sismica Nazionale indicata dal triangolo rosso. In verde è riportato il perimetro del Dominio Interno di rilevazione, in rosso il perimetro del Dominio Esteso, mentre in blu è indicata la proiezione del giacimento Selva oggetto di istanza di concessione. La stella rossa indica l'ubicazione del Pozzo Podere Maiar 1dir.	1
Figura 2 Specifiche del pozzetto d'ispezione per stazione sismica a rete elettrica: a) vista in sezione; b) vista dall'alto.	3
Figura 3 Schema di installazione a parete del contenitore in cui sono alloggiati gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione. Le misure fornite dallo schema sono indicative così come la posizione del cavidotto per il collegamento tra sensore e digitalizzatore (nell'esempio, parzialmente coperto dall'armadio a muro) e quella della scatola di derivazione in cui è contenuta la presa di corrente per il collegamento alla rete elettrica della stazione sismica.	5
Figura 4 Specifiche del pozzetto d'ispezione per stazione sismica stand-alone.	6
Figura 5 Ubicazione della stazione sismica SMV01.	7
Figura 6 Stazione sismica SMV01.	8
Figura 7 Ubicazione della stazione sismica SMV02. Il pozzetto d'ispezione è indicato dal marker in giallo; il punto in rosso indica l'ubicazione della cabina di acquisizione (digitalizzatore, D).	8
Figura 8 Stazione sismica SMV02.	9
Figura 9 Ubicazione della stazione sismica SMV03. Il pozzetto d'ispezione è indicato dal marker in giallo; il punto in rosso indica l'ubicazione della cabina di acquisizione (digitalizzatore, D).	9

Figura 10 Stazione sismica SMV03.	10
Figura 11 Ubicazione della stazione sismica SMV04. La stazione temporanea è indicata dalla lettera T mentre l'ubicazione della stazione definitiva è indicata dal marker in giallo (pozzetto d'ispezione) e dalla lettera D (digitalizzatore).	11
Figura 12 Stazione sismica SMV04.	11
Figura 13 Ubicazione della stazione sismica SMV05. La stazione temporanea è indicata dalla lettera T mentre l'ubicazione della stazione definitiva è indicata dal marker in giallo.	12
Figura 14 Stazione sismica SMV05.	12
Figura 15 Valori mediani di PSD calcolati per le cinque stazioni componenti la rete di monitoraggio microsismico e per la stazione FIU della Rete Sismica Nazionale a partire dalle registrazioni effettuate dal 28/05 al 01/05. Le curve si riferiscono alla componente Est-Ovest. In grigio sono riportate le curve di rumore di riferimento definite dall'Albuquerque Seismological Laboratory (Peterson, 1993): NLNM (New Low Noise Model) e NHNM (New High Noise Model).	13
Figura 16 Soglia di detezione (mappa a sinistra) e di localizzazione (mappa a destra) espressa in unità di magnitudo locale M_L per terremoti all'interno del DE di rilevazione a profondità di 9.5 km.	14
Figura 17 Soglie di detezione (mappa a sinistra) e di localizzazione (mappa a destra) risultanti dall'esperimento descritto nel rapporto tecnico di aggiornamento del piano di monitoraggio della sismicità (GEAmb, 2021) per una profondità ipocentrale di 9.5 km.	14

Indice delle tabelle

Tabella 1 Posizione ed equipaggiamento strumentale delle stazioni sismiche. _____ 2

1. Introduzione

Il presente documento tecnico ha lo scopo di illustrare la rete di monitoraggio della sismicità attinente all'area di coltivazione "Selva Malvezzi" alla data del 18 marzo 2022. Lo scopo della rete di monitoraggio riguarda la detezione e localizzazione degli eventi sismici all'interno dei così detti Dominio Interno (DI) e Dominio Esteso (DE) di rilevazione definiti per il sito di estrazione Podere Maiar 1dir secondo quanto indicato nel documento d'indirizzo (MiSE-DGRME, 2014). L'ubicazione delle stazioni, definita a seguito di studio specifico per la valutazione del livello di rumore di fondo (GEAmb, 2021) e successive comunicazioni con il Cliente, è mostrata nella mappa in Figura 1. Le stesse sono elencate in Tabella 1.

Nei paragrafi seguenti sono descritti gli apparati strumentali e i manufatti in cui gli stessi sono stati installati. Infine, sono descritte le singole stazioni sismiche.

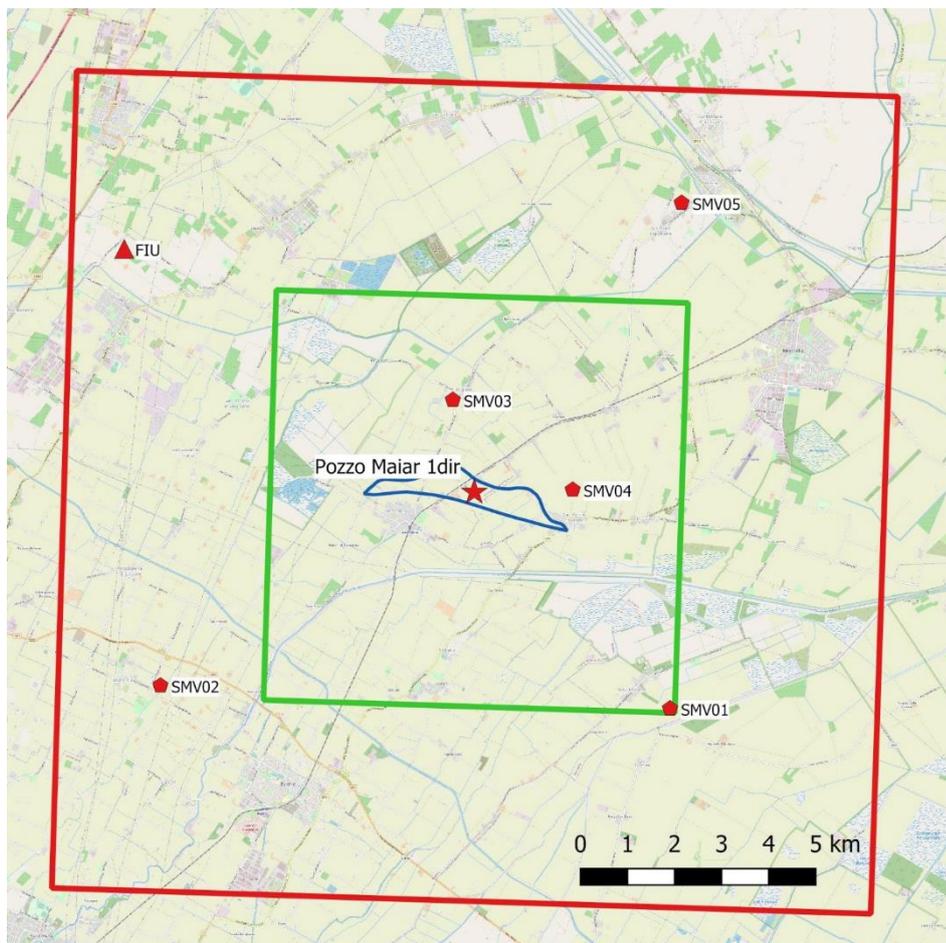


Figura 1 Configurazione della rete di monitoraggio sismico: i nodi della rete sono indicati dai pentagoni in rosso eccetto FIU della Rete sismica Nazionale indicata dal triangolo rosso. In verde è riportato il perimetro del Dominio Interno di rilevazione, in rosso il perimetro del Dominio Esteso, mentre in blu è indicata la proiezione del giacimento Selva oggetto di istanza di concessione. La stella rossa indica l'ubicazione del Pozzo Podere Maiar 1dir.

Tabella 1 Posizione ed equipaggiamento strumentale delle stazioni sismiche.

ID STAZIONE	Sito di Installazione	Lat.	Lon.	Quota	Acquisitore	Sensore
SMV01	Via Conserva (Selva Malvezzi, Molinella)	44.5523° N	11.6374° E	8 m	Lunitek Atlas-F-6T	Lunitek Tellus-5s
SMV02	Cimitero di Bagnarola (Budrio)	44.5567° N	11.5013° E	20 m	Lunitek Atlas-F-6T	Lunitek Tellus-5s
SMV03	Cimitero di Dugliolo (Budrio)	44.6114° N	11.5794° E	9 m	Lunitek Atlas-F-6T	Lunitek Tellus-5s Lunitek LTFB-160HHV
SMV04	Cimitero di San Martino in Argine (Molinella)	44.5942° N	11.6114° E	10 m	Lunitek Atlas-F-6T	Lunitek Tellus-5s
SMV05	Via Severino Ferrari 81 (San Pietro Capofiume, Molinella)	44.6491° N	11.6405° E	7 m	Lunitek Atlas-F-6T	Lunitek Tellus-5s

2. Nota sugli apparati strumentali

Le stazioni componenti la rete sismica consistono in:

- 1 sensore sismico da superficie (Lunitek mod. TELLUS-5S) con periodo proprio di 5s, reputato quale miglior compromesso tra sensori a corto periodo ($T \leq 1$ s) e *broad-band* ($T \geq 20 - 40$ s) viste sia le caratteristiche geologiche dell'area di studio (es. Mascandola et al., 2019 e 2021) che le procedure di detezione e analisi dei terremoti (soprattutto quelli di bassa magnitudo) adottate dalle principali reti sismiche sul territorio nazionale
- 1 acquisitore (digitalizzatore) a 6 canali (Lunitek mod. ATLAS-F-6T con router 4G integrato ed antenna GPS)
- 1 sistema di alimentazione primario (a rete elettrica ovvero a pannello fotovoltaico)
- 1 sistema di alimentazione ausiliario a batteria

Agli apparati suddetti vanno ad aggiungersi i cavi di collegamento tra sensore ed acquisitore ed opportune protezioni elettriche (laddove necessarie). Una delle stazioni, SMV03, è dotata anche di accelerometro triassiale (Lunitek mod. LTFB-160HHV).

Le stazioni SMV02, SMV03 e SMV04 sono alimentate a rete elettrica (220 volt AC) mentre SMV01 e SMV05 sfruttano l'energia prodotta da un impianto fotovoltaico di potenza adeguata (160 W, tensione nominale 12 V). Tutte le stazioni sopra menzionate sono dotate di un sistema di alimentazione ausiliario a batteria, utile in caso di prolungata assenza di alimentazione da rete elettrica. Considerati i dati tecnici degli apparati strumentali, si stima (per eccesso) un assorbimento di corrente di circa 5 W a stazione (l'assorbimento potrebbe essere maggiore per la stazione dotata di accelerometro, comunque non superiore a 10 W), con valori di picco approssimativamente pari a 50 W durante le fasi di ricarica del sistema di acquisizione a seguito di periodi di assenza di alimentazione primaria. Per quanto concerne le stazioni SMV04 e SMV05, si ricorda che le stesse sono rimaste in funzionamento come

stazioni temporanee (a batteria) dal 18/2 al 18/5 presso siti prossimi a quelli definitivi (si rimanda alla Rev. 1 del presente rapporto tecnico).

3. Nota sui manufatti ospitanti le stazioni sismiche

Tutti i sensori sismici (velocimetri e/o accelerometri) sono installati in opportuni pozzetti d'ispezione (pozzetti strumentati) comunicanti tramite cavidotto con gli armadi in cui sono alloggiati gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione. Questi ultimi sono posizionati all'interno del medesimo pozzetto d'ispezione in cui è installato il sensore sismico ovvero esternamente ad esso.

3.1 Stazione sismica a rete elettrica con pozzetto d'ispezione e cabina di acquisizione separati

Per le stazioni sismiche alimentate a rete elettrica (220 Volt AC) il sensore sismico è installato in un pozzetto d'ispezione distinto rispetto alla struttura ospitante gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione (nel seguito, detta anche "cabina di acquisizione").

Di seguito sono descritte le caratteristiche del pozzetto d'ispezione e della cabina di acquisizione.

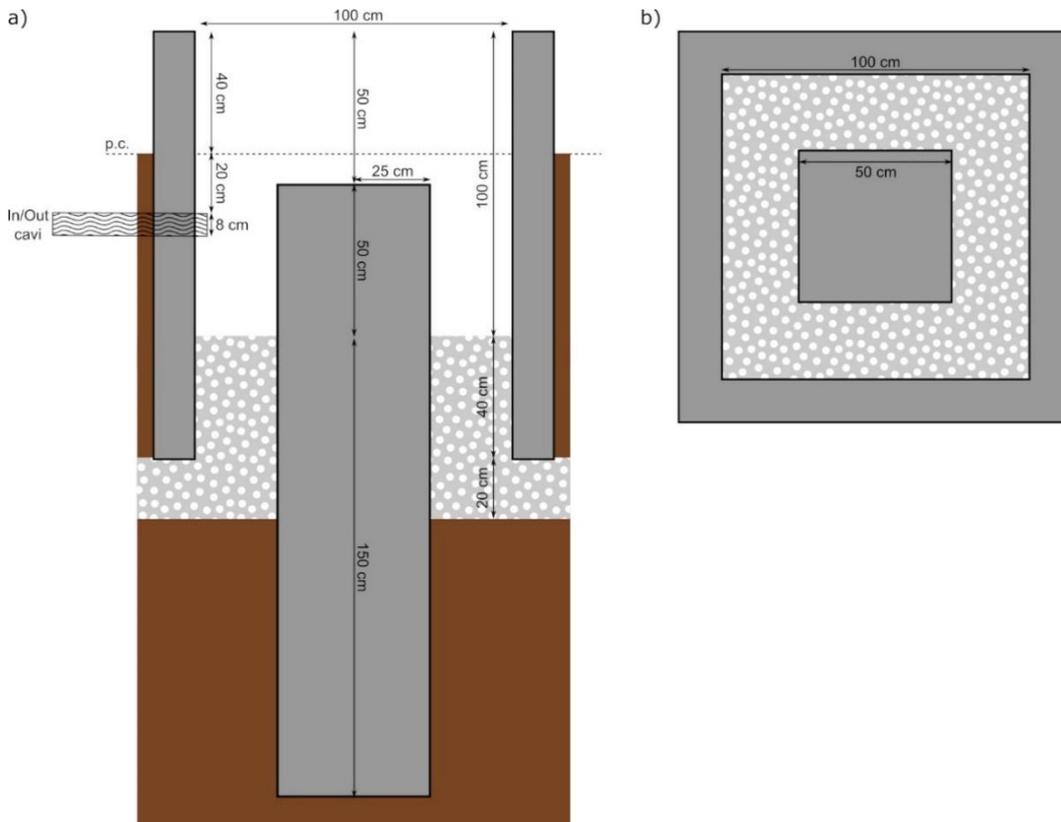


Figura 2 Specifiche del pozzetto d'ispezione per stazione sismica a rete elettrica: a) vista in sezione; b) vista dall'alto.

3.1.1 Pozzetto d'ispezione per sensore sismico

Il pozzetto d'ispezione, realizzato mediante giunzione di elementi prefabbricati in calcestruzzo (cls), presenta una pianta quadrata di lato pari a circa 100 cm (vedere lo schema in Figura 2). La parte sommitale (accesso) emerge dal piano campagna (p.c.) di circa 40 cm, così da evitare possibili infiltrazioni d'acqua superficiali. Data la geologia locale (sabbie con livelli più o meno argillosi di spessore di svariate decine di metri), a scopo di drenaggio è stato comunque steso un letto di ghiaia alla base e lateralmente alle pareti interne del pozzetto (riempimento grigio a pallini bianchi in Figura 2), avente spessore complessivo di circa 60 cm di cui 20 cm alla base di dette pareti. Al suo interno, il pozzetto ospita un pilastro in cls a sezione quadrata, di lato 50 cm e altezza 200 cm, solidale con il terreno circostante, quindi svincolato dalle pareti del pozzetto. Il tetto del pilastro, rialzato di circa 50 cm rispetto alla base del pozzetto, rappresenta la base d'appoggio del sensore sismico. È presente una "luce" (spazio d'aria libera) di circa 50 cm tra tale base d'appoggio e l'apertura sommitale del pozzetto, quest'ultima munita di chiusino (in lamiera zincata) a tenuta stagna con serratura tramite lucchetto. Per il collegamento tra pozzetto e armadio ospitante gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione è stato installato un cavidotto interrato costituito da tubo corrugato di diametro pari a 8 cm (indicato come "In/Out cavi" nello schema in Figura 2).

3.1.2 Cabina di acquisizione

Gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione sono alloggiati in armadi (fibro-rinforzati) certificati IP66 dotati di serratura. Gli armadi, installati a muro ad un'altezza di circa 130-150 cm da terra (comunque, immediatamente al di sopra dell'uscita del cavidotto di comunicazione tra sensore e digitalizzatore, eventualmente con parziale ricoprimento del cavidotto), sono provvisti di cavidotto per il collegamento alla rete elettrica in modo da fornire l'alimentazione agli apparati strumentali ivi contenuti. In Figura 3 è mostrato uno schema di installazione a parete.

3.2 Stazione sismica stand-alone

Per stazione sismica *stand-alone* s'intende una stazione sismica il cui sistema primario di alimentazione è costituito da uno o più pannelli fotovoltaici. Questo tipo di stazione consiste in un unico pozzetto d'ispezione in cui sono installati sia il sensore sismico che gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione (gli apparati di alimentazione e acquisizione sono installati in contenitori distinti).

Analogamente al pozzetto descritto al Par. 3.1.1, il pozzetto per stazione sismica *stand-alone* è realizzato con elementi prefabbricati in cls a sezione quadrata aventi, però, lato pari a 150 cm secondo lo schema mostrato in Figura 4. Le pareti laterali, di altezza indicativamente pari a circa 150 cm, emergono dal p.c. di circa 100 cm. Similmente al pozzetto di cui al Par. 3.1.1, a scopo di drenaggio è stato steso un letto di ghiaia di spessore pari a circa 50 cm come da illustrazione in Figura 4. All'interno del pozzetto è presente un pilastro in cls a sezione quadrata (decentrato rispetto alle pareti del pozzetto stesso come da Figura 4), il cui tetto, rialzato di 50 cm rispetto alla base del pozzetto, rappresenta la base d'appoggio del sensore sismico. Anche in questo caso, il pilastro è svincolato dalle pareti del pozzetto. È

presente una “luce” di circa 50 cm tra il tetto del pilastro e la copertura (“coperchio” a tenuta stagna) del pozzetto, realizzata in lamiera zincata. L’accesso al pozzetto avviene tramite la botola (di dimensioni pari a 60x60 cm) ricavata al centro del coperchio.

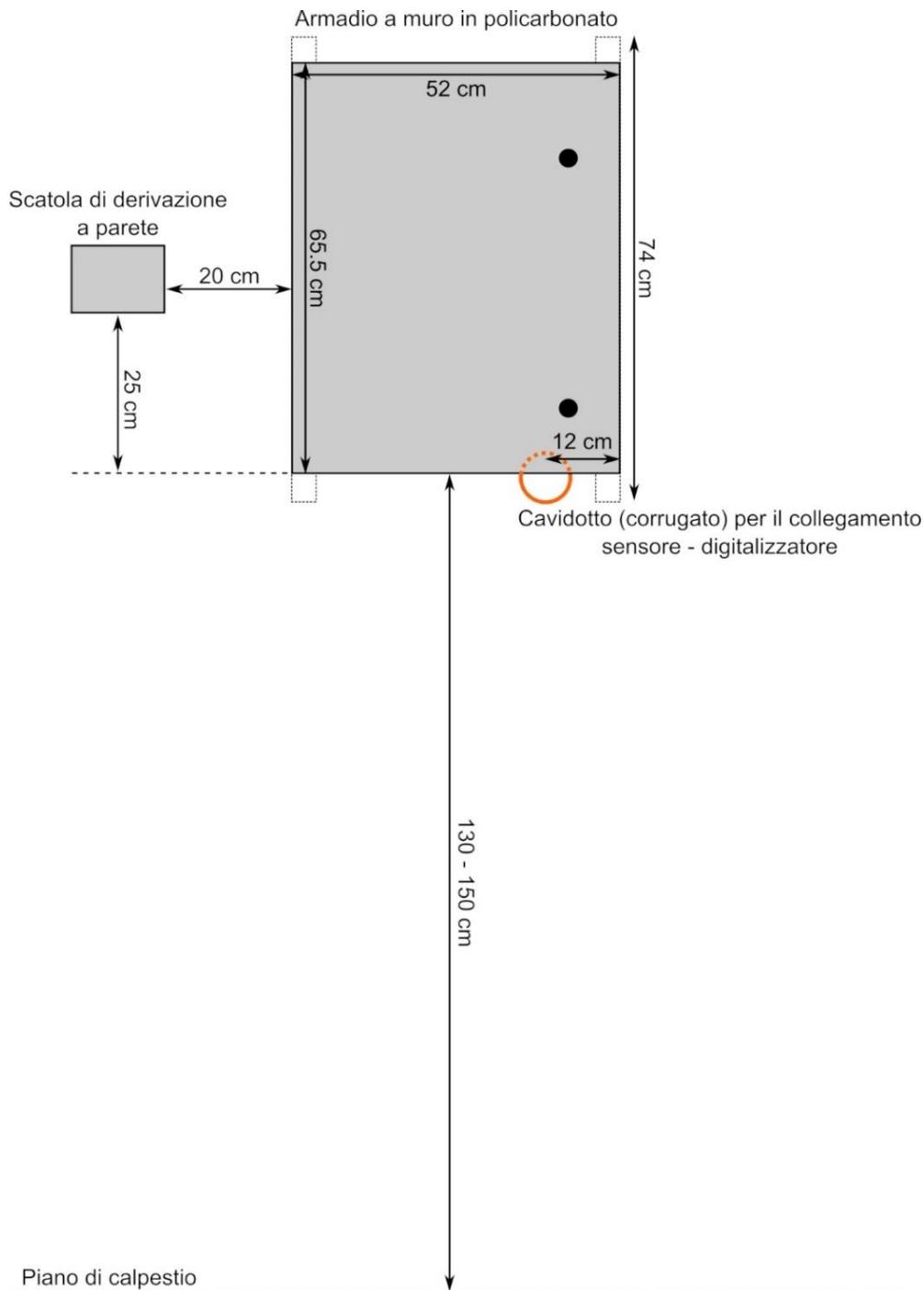


Figura 3 Schema di installazione a parete del contenitore in cui sono alloggiati gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati e alimentazione. Le misure fornite dallo schema sono indicative così come la posizione del cavidotto per il collegamento tra sensore e digitalizzatore (nell’esempio, parzialmente coperto dall’armadio a muro) e quella della scatola di derivazione in cui è contenuta la presa di corrente per il collegamento alla rete elettrica della stazione sismica.

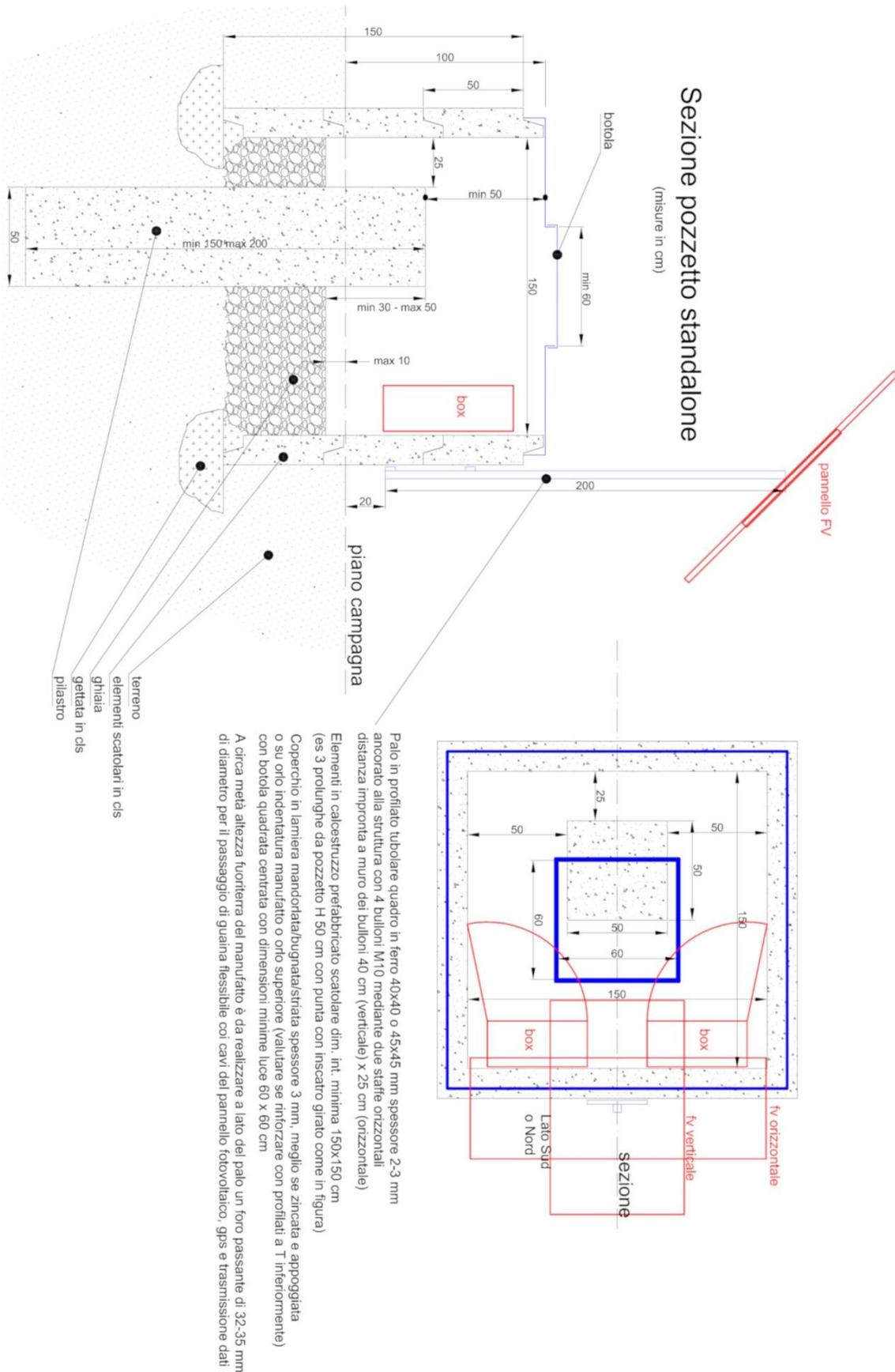


Figura 4 Specifiche del pozzetto d'ispezione per stazione sismica *stand-alone*.

Esternamente al pozzetto è ancorato (mediante staffe) alle pareti dello stesso il palo di supporto del pannello fotovoltaico. Il palo, di altezza pari a 200 cm, è installato sul lato sud del pozzetto. Per permettere il collegamento tra il pannello fotovoltaico e il relativo regolatore di carica (installato in uno dei due contenitori all'interno del pozzetto), è stato praticato un foro passante del diametro di 35 mm a destra, ovvero a sinistra, del palo di supporto.

4. Ubicazione dei pozzetti d'ispezione e degli alloggiamenti per gli apparati di acquisizione, trasmissione dati ed alimentazione

Di seguito, sono descritte le stazioni sismiche in termini di ubicazione dei pozzetti d'ispezione e degli alloggiamenti per gli apparati di acquisizione (digitalizzatore), trasmissione dati ed alimentazione.

4.1 Stazione sismica SMV01: Via Conserva – Selva Malvezzi

La stazione sismica, di tipo *stand-alone* (vedere Par. 3.2), è installata in Via Conserva nell'area privata individuata dal sito di coordinate 44.552290° 11.637437° mostrato in Figura 5¹. La stazione è mostrata nelle foto in Figura 6.



Figura 5 Ubicazione della stazione sismica SMV01.

¹Il manufatto in figura è stato demolito.



Figura 6 Stazione sismica SMV01.

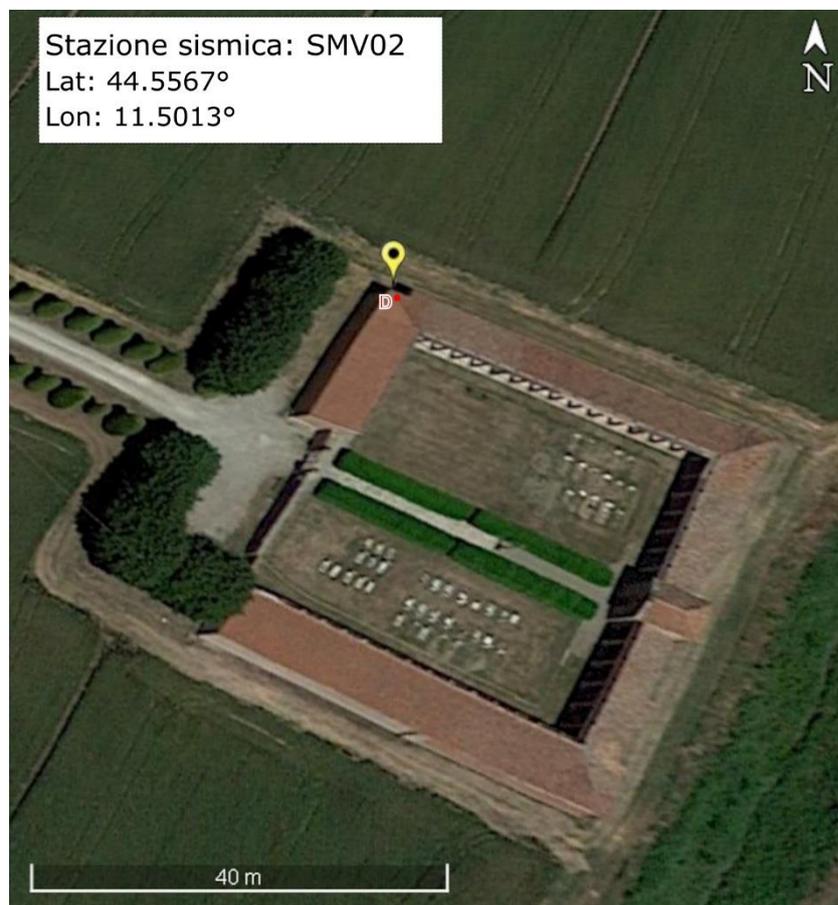


Figura 7 Ubicazione della stazione sismica SMV02. Il pozzetto d'ispezione è indicato dal *marker* in giallo; il punto in rosso indica l'ubicazione della cabina di acquisizione (digitalizzatore, D).

4.2 Stazione sismica SMV02: Cimitero di Bagnarola

L'ubicazione stazione sismica, alimentata a rete elettrica, è mostrata in Figura 7. Nello specifico, il pozzetto d'ispezione è ubicato in corrispondenza del vertice nord del cimitero, adiacente ad un locale (ad uso magazzino/ripostiglio) in cui è installata la cabina di acquisizione. Gli apparati strumentali sono mostrati nelle foto in Figura 8.



Figura 8 Stazione sismica SMV02.



Figura 9 Ubicazione della stazione sismica SMV03. Il pozzetto d'ispezione è indicato dal *marker* in giallo; il punto in rosso indica l'ubicazione della cabina di acquisizione (digitalizzatore, D).

4.3 Stazione sismica SMV03: Cimitero di Dugliolo

L'ubicazione stazione sismica, alimentata a rete elettrica, è mostrata in Figura 9. Il pozzetto d'ispezione è ubicato nell'ala nord-ovest del cimitero, precisamente lungo il lato esposto a nord nel punto indicato dal *marker* giallo in Figura 9. La cabina di acquisizione è installata mediante tasselli sul muro adiacente al pozzetto d'ispezione. Gli apparati strumentali sono mostrati nelle foto in Figura 10.



Figura 10 Stazione sismica SMV03.

4.4 Stazione sismica SMV04: Cimitero di San Martino in Argine

La stazione sismica, inizialmente in funzione (dal 18/02 al 18/05/2022) come stazione temporanea (alimentata a batterie) presso la cappella del cimitero, è stata installata esternamente al perimetro del cimitero in corrispondenza del sito indicato dal *marker* giallo in Figura 11. La cabina di acquisizione, collegata alla rete elettrica, è stata collocata all'interno di un locale (ad uso magazzino/ripostiglio) nelle adiacenze del pozzetto d'ispezione. Il sito d'installazione e gli apparati strumentali sono mostrati nelle foto in Figura 12.

4.5 Stazione sismica SMV05: Via Severino Ferrari – San Pietro Capofiume

La stazione sismica, inizialmente in funzione (dal 18/02 al 18/05/2022) come stazione temporanea (alimentata a batterie) presso la cappella del cimitero di San Pietro Capofiume (*marker* rosso in Figura 13), è stata installata nel contesto privato in Via Severino Ferrari 81 (fraz. San Pietro Capofiume, Comune di Molinella) a circa 350 m dal precedente sito d'installazione (*marker* giallo in Figura 13). La stazione, di tipo *stand-alone*, è mostrata nelle foto in Figura 14.



Figura 11 Ubicazione della stazione sismica SMV04. La stazione temporanea è indicata dalla lettera T mentre l'ubicazione della stazione definitiva è indicata dal *marker* in giallo (pozzetto d'ispezione) e dalla lettera D (digitalizzatore).



Figura 12 Stazione sismica SMV04.



Figura 13 Ubicazione della stazione sismica SMV05. La stazione temporanea è indicata dalla lettera T mentre l'ubicazione della stazione definitiva è indicata dal *marker* in giallo.



Figura 14 Stazione sismica SMV05.

5. Conclusioni

Il presente rapporto tecnico ha presentato la rete di monitoraggio della sismicità attinente all'area di coltivazione "Selva Malvezzi". La rete è composta da cinque stazioni sismiche a cui va ad aggiungersi una stazione (FIU – Fondo Fiumicello) della Rete sismica Nazionale.

Al fine di verificare la capacità di detezione e localizzazione della rete nella sua configurazione definitiva, sono state effettuate simulazioni numeriche analoghe a quelle descritte nel rapporto tecnico relativo all'aggiornamento del piano di monitoraggio della sismicità (GEAmb, 2021), a cui si rimanda per i dettagli metodologici relativi alla procedura adottata. Le curve (mediane) di rumore (in termini di *Power Spectral Density* – PSD) impiegate in input sono mostrate in Figura 15. Queste sono state calcolate a partire da 5 giorni di registrazione, dal 28/05 al 01/06. Nelle mappe in Figura 16 sono mostrati i valori di magnitudo di detezione e localizzazione ottenuti dalle simulazioni numeriche per una profondità ipocentrale di 9.5 km, profondità alla quale corrispondono i valori soglia più elevati a causa di un rapporto segnale-disturbo più basso rispetto al caso di terremoti più superficiali. Dagli scenari emerge che la rete sismica permette di ottemperare alle indicazioni delle Linee Guida (MiSE-DGRME, 2014) per cui nel DI di rilevazione la rete deve poter "rilevare e localizzare i terremoti a partire da magnitudo locale ML compresa tra 0 e 1 ($0 \leq ML \leq 1$)". Tale condizione è rispettata anche nel DE dove la magnitudo di detezione è compresa tra -0.3 e 0.1 e quella di localizzazione tra 0 e 0.4.

A titolo di confronto, in Figura 17 sono riportati gli esiti delle simulazioni numeriche presentati nel rapporto tecnico relativo all'aggiornamento del piano di monitoraggio della sismicità (GEAmb, 2021) per la medesima configurazione. Dal confronto tra le mappe in Figura 16 e 17 emerge che la configurazione definitiva ha condotto ad un ulteriore abbassamento delle soglie di localizzazione e detezione, quantificabile in circa 0.4 unità di magnitudo.

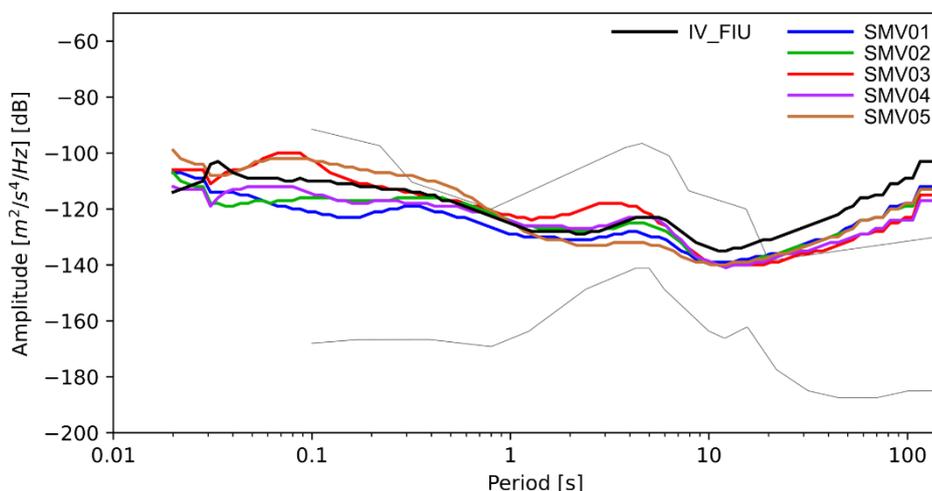


Figura 15 Valori mediani di PSD calcolati per le cinque stazioni componenti la rete di monitoraggio microsismico e per la stazione FIU della Rete Sismica Nazionale a partire dalle registrazioni effettuate dal 28/05 al 01/05. Le curve si riferiscono alla componente Est-Ovest. In grigio sono riportate le curve di rumore di riferimento definite dall'Albuquerque Seismological Laboratory (Peterson, 1993): NLNM (*New Low Noise Model*) e NHNM (*New High Noise Model*).

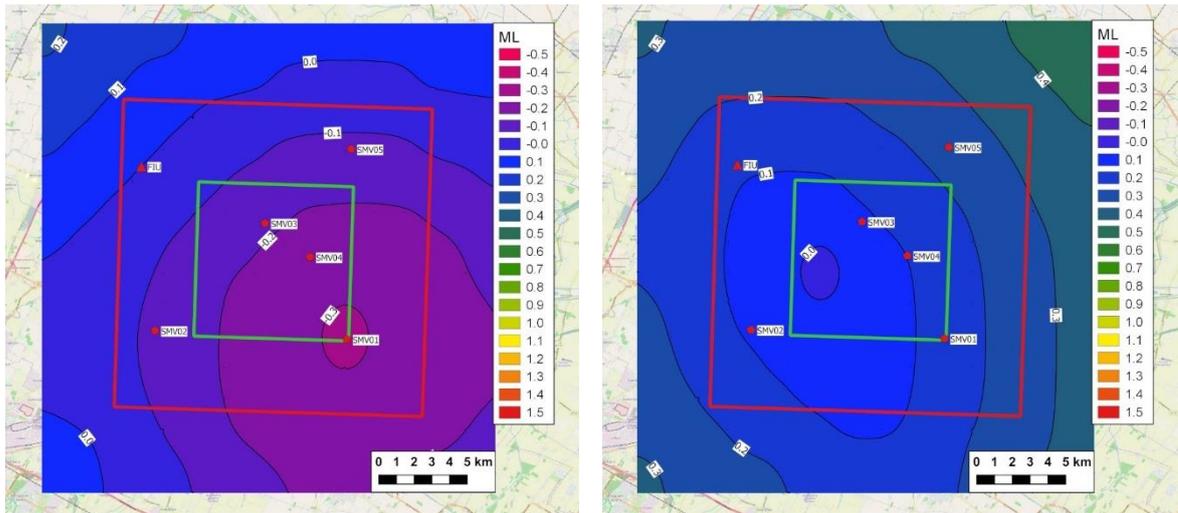


Figura 16 Soglia di detezione (mappa a sinistra) e di localizzazione (mappa a destra) espressa in unità di magnitudo locale M_L per terremoti all'interno del DE di rilevazione a profondità di 9.5 km.

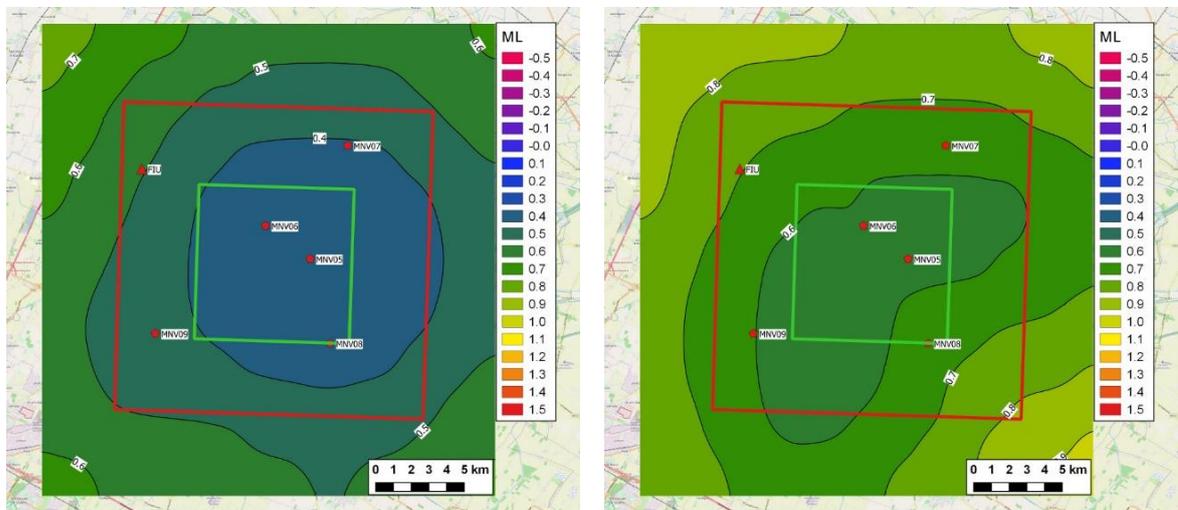


Figura 17 Soglie di detezione (mappa a sinistra) e di localizzazione (mappa a destra) risultanti dall'esperimento descritto nel rapporto tecnico di aggiornamento del piano di monitoraggio della sismicità (GEAmb, 2021) per una profondità ipocentrale di 9.5 km.

Bibliografia

GEAmb (2021). Aggiornamento del Piano di Monitoraggio della Sismicità nel Giacimento Selva Malvezzi (BO). Rapporto Tecnico n. 21-007 Rev. 0.

Mascandola C., M. Massa, S. Barani, D. Albarello, S. Lovati, L. Martelli, V. Poggi (2019). "Mapping the seismic bedrock of the Po Plain (Italy) through ambient-vibration monitoring", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 109, 164-177.

Mascandola C., S. Barani, M. Massa, D. Albarello (2021). "New insights into long-period (>1 s) seismic amplification effects in deep sedimentary basins: A case of the po plain basin of Northern Italy", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 111, 2071-2086.

MiSE-DGRME (2014). Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche. Ministero dello Sviluppo Economico – Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche, Gruppo di lavoro CIRM, Roma.